

[表紙に戻る](#)

本論文は雑誌「環境管理技術」30巻5号9-16頁(2012年)に再録されています。
雑誌中での表は日本語で、摘要と英文は省略されています。

風向と香気に対するコクヌストモドキ成虫の飛翔反応

辻 英明

環境生物研究会

〒607-8345 京都市山科区西野離宮町 2-1, F-409

The flight response of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst, to the direction of wind and food odor

Hideakira Tsuji

KSK Institute for Environmental Biology,

F-409, 2-1 Nishino-Rikyu-cho, Yamashina-ku, Kyoto 607-8345, Japan

摘要: アリーナ中で紙製のタワー先端から出発させて実験し、コクヌストモドキ成虫が高所先端に登攀し容易に飛翔を開始すること、日中の室内においては、空腹個体の飛翔開始方向も歩行移動方向も明るい(南側のガラス戸の)方向であることをすでに報告した。今回はアリーナ内のタワー先端に毎秒0.4メートルの微風を送り、先端から成虫が飛翔を開始する方向に微風および微風に含まれた米ぬかの香気がどのように影響するかを調べた。その結果、毎秒0.4メートルの風速かつ無香気の条件下で、6グループのうち4グループで風上に向かう傾向があり、2グループでは無風なみかランダムだった。いっぽう、米ぬか上を通過し香気のある風条件下では6グループの全グループが風上に向かう傾向を示した。この結果、成虫が香気のない微風条件下で風上に向かう傾向が顕著とはいえないが、風に餌の香気がある場合には、風上に向かう傾向が明白であると言える。なお、毎秒0.9メートルの風速条件下では、成虫のタワー登攀は盛んであったが、飛翔開始が妨げられた。

Abstract. The flight direction of red flour beetles was examined overnight in an arena under natural temperature conditions by using the east or west wind with or without rice bran odor. The velocity of the wind used was 0.4 m/sec, as the take off of the beetles from the top of a paper tower was remarkably suppressed by a wind velocity of 0.9 m/sec. Among 6 trial groups without the food odor, 4 groups gave the trap catch distribution biased towards the wind direction, and 2 groups gave a neutral or random wind effect to the control bias. All the 6 trial groups with the food odor, on the other hand, were clearly biased against the air stream. The results show that the soft wind with a food odor is effective to induce the beetles to fly against the wind.

Key words: flight direction, *Tribolium castaneum*, natural temperature, direction of the wind, food odor

はじめに

製粉工場をはじめ穀類の粉体を扱う食品工場や一般家庭でも発生が認められる食品害虫のコクヌストモドキ(三井, 1990; 吉田ら, 1989)について、近年野外から家屋に向かって多数の飛来が推定されるケースが報告され(富岡・柴山, 2002; 富岡, 2008)、飛翔による移動の実態や方向性が問題となっている。辻(2007a)は、本種成虫がプラスチックカップの床面からの飛翔開始ができない温度条件下でも、紙製のタワー与えればそれに登り、大多数がその先端から水平気味に飛び出し、カップ外に降下することを示した。Coxら(2007)もコーンの先端からの飛翔開始を観察したが、30°Cで15%と低率で、飛び去る方向についてはふれていない。しかし、辻(2007a)はタワーの先端が約1メートルの高さであれば、大多数が降下の途中で水平あるいは上昇飛行に転じ飛び去ることを示した。その際の室内5例の飛び去り方向は、かならずしも真南にあるガラス戸の方向ではないが、おおむね南西～南東と明るい方

向であった。

その後 2008 年の観察では、アリーナ(プラスチック容器)内で実験を行い、タワーの先端から飛び出した成虫が通常の気温ではいったん降下することを利用して、アリーナ床面に並べたトラップに降下した成虫を捕らえ、飛び出しの方向を明らかにしようと試みた(辻, 2009b)。その結果、越冬成虫にも当年羽化成虫にも、給餌条件が劣悪なほど明るい方向に飛翔を開始する傾向が認められた。いっぽう、夜間に白色、青色、UV、IR の各LED光源の存在する側への飛翔傾向も認められた(辻, 2009c)。これらは、空腹個体が移動を開始する際に開けた方向へ向かうための適応であるとみられる。

いっぽう、歩行する空腹個体は餌入りのトラップによく誘引捕獲されるが(辻, 2009a)、飛翔に対する風向や餌の香気の影響は未検討であったので、今回はその点について若干の検討を行った。

材料と方法

供試昆虫と餌

使用したコクヌストモドキ成虫は、2005 年に大阪府下の穀物倉庫で採取した後、室内で累代飼育している同一個体群に属するものである。飼育に用いた餌は、市販の小麦粉(日清フラワーR 薄力小麦粉、日清フーズ株式会社)と乾燥酵母粉末(日本薬局方、エビオス®、アサヒビール株式会社、田辺製薬株式会社)を重量比 9:1 とし、よく混合したものである。

使用した成虫は、上記個体群の越冬成虫群のF1 世代として 6 月に多数羽化した成虫である。そのまま(新しい餌を与えずに)古い餌上のシェルターに付着している個体を 6~8 月に 100 匹ずつ 4 回取り出して使用した。それゆえ、取り出した4群は系統的にも飼育容器についても同一個体群に属するものである。取り出した月日順に 100 匹ずつをそれぞれA、B、C、Dの試験群(trial group)とし、成虫の寿命は長く絶食にも耐えるので、取り出した 100 匹ごとに空の飼育カップに入れた後、7~12 日間のうちに 6~8 回(夜)の実験に(繰り返し回収し、欠損個体数を飼育容器から追加して)使用した。

なお、成虫の雌雄判別は困難なので、雌雄混合のまま実験を行った。

飼育カップ

通常の飼育には透明のプラスチックカップ(口径 90mm、底面径 80mm、深さ 50mm)を用い、その中に餌 10g を入れた。餌から自発的に出ている成虫の静止場所として、帯状のカートン紙片を W 字型に折り曲げて餌の上に載せてシェルターとした。

アリーナ兼風洞

室内で成虫の飛翔開始方向を観察するために、大型のプラスチック容器(底面 310×170mm、上部口辺 340×200mm、深さ 210mm)をアリーナ兼簡易風洞とし、ポリスチロール板を天井蓋として乗せた。アリーナ外周の両短辺側の壁面の床上 100 mm上から 80 mm四方の開口部をもうけ、それぞれにゴース布のフィルターを貼り付けて一方を空気の流入口とし、他方を外部ファン付きの排気口とした。アリーナ床の中央には放虫カップを置き、その周囲を取り囲むように捕獲用のトラップを配置した(Fig.1)。アリーナは、その長辺が東西に走る線と平行になるように室内に設置した。

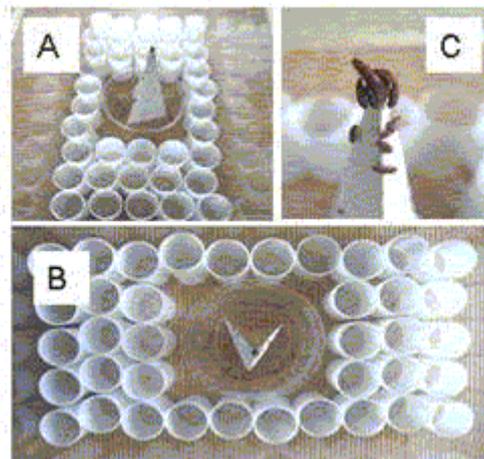


Fig. 1 Inner views of the arena (plastic cage)

A. B. Arrangements in the arena, showing the release cup surrounded by traps.

A paper tower was placed in the release cup.

C. Red flour beetles before leaving the top of the paper tower

放虫カップ

成虫の出発点として、飼育カップと同じ透明のプラスチックカップを用い、その中にはシェルターを入れず直接成虫のみを入れた。成虫はこの放虫カップの側壁を登ることは不可能で、中央に立てたペーパータワーを登って先端から飛翔を開始した。

カップ内のペーパータワー

既報告と同様にして、放虫カップ内に、カップの深さの3倍近い(135mm)高さの Karton紙製タワーを立てて成虫を自由に登らせ、その先端から飛翔を開始させた。タワーは Karton紙を Fig. 2 のように四辺形にカットし、長い方の対角線で縦折りにしたものである。長い三角形タワーの上部先端が頂点となり、それがカップの中央の真上になるように、東西が対称になるようにタワーを立てて使用した。すなわち、判断基準とした飛翔方向(アリーナの長軸方向)の東西方向への条件を等しくするため、常にタワーの底辺部の両端を結ぶ線が東西に延びるように設置した。

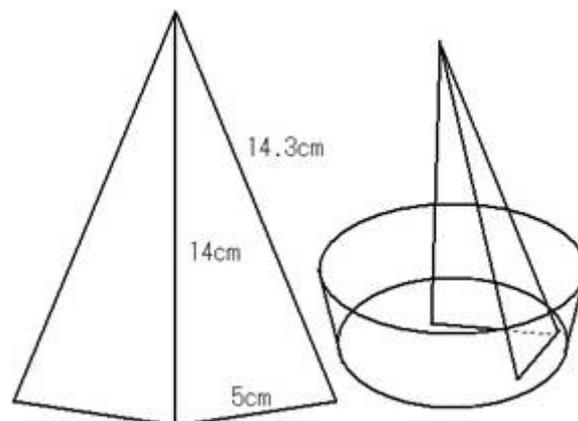


Fig. 2 The paper tower

Left: The development figure

Right : The paper tower placed in the release cup.

風速調節

アリーナ兼風洞の排気口に接して外側に、電子機器冷却用のモーターファン(交流用)(San Ace 92, MODEL

109S091, 山洋電気株式会社)を、空気を排出するように装着した。成虫の出発点(ペーパータワーの先端)における風速は、上記ファンの回転によってアリーナから排気し、反対側の流入口から空気を流入させることによって得られた(Fig.

3)。あらかじめ、風速測定部分がペーパータワーの先端部に相当する位置になるように、放虫カップの中央に携帯式気象計(Kestrel 4000,

Nielsen-Kellerman)立て、変圧器(スライダック)による回転速度調節を行って電圧と風速との関係を調べ、観察に適した風速として毎秒 0.4 メートル(電圧 50V)を採用した。たとえば、0.9 メートル(電圧 80V)の風速では、成虫のタワー登攀は 0.4 メートルの場合と同様に盛んであったが、飛翔開始が妨げられたので採用しなかった。

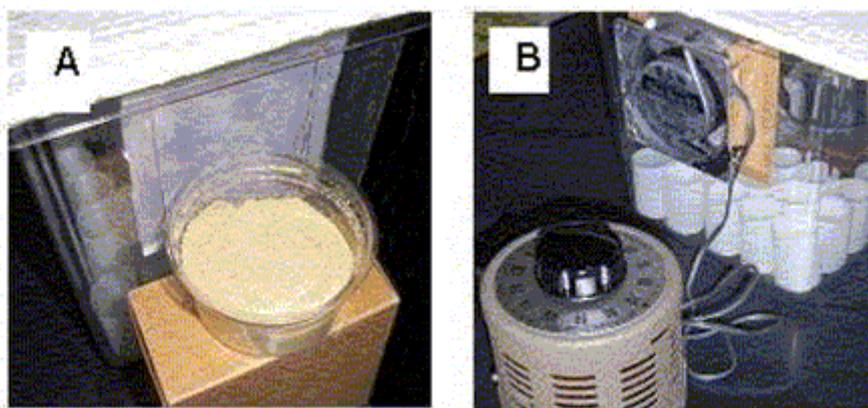


Fig. 3 Outer views of the arena (plastic cage)

A. The air entrance side of the arena, showing a cup of rice bran for a food odor.

B. The mortar fan and transducer system for the air exit of the arena

香気の設定

流入する空気に香気を与える場合には、飼育用ならびに放虫用と同型のカップに市販の米ぬか 30g を入れたものを、アリーナ空気流入口の外側に接して置いた(Fig.

3)。

トラップ

飛翔降下した成虫を、その位置で捕獲する目的で、放虫カップの周囲にプラスチック製の小型の円筒型ケース(市販フィルムケース、口径 30mm、底面径 29mm、深さ 50mm)をトラップとして配置した(Fig.

1)。このトラップの中に降下した成虫は、壁面を登ることも飛翔して脱出することもできない。

観察場所と操作

観察は 2009 年 6~8 月の夕方から翌朝にかけ、場所は南側にガラス戸のある一室で、ガラス戸を厚手のカーテンで覆って行った。すでに日中でも(辻, 2009b)夜間でも(辻, 2009c)飛翔が南側のガラス戸側に向かう傾向を認めていたので、その影響を避けるため、風向の軸が東西軸となるようにアリーナを設置し、東風および西風に対する成虫の反応調べた。

夕方あるいは日没後、アリーナの排気口(ファンの装着側)を東向きあるいは西向きに設置し、あらかじめ成虫を入れた放虫カップをアリーナ中心に置き、その中にペーパータワーを立てることで観察を開始した。トラップ内に降下した成虫数、トラップ外(隙間)に落下した成虫数、放虫カップに残った成虫数

の調査は翌朝行った。成虫が落下したトラップの東西の位置に従って成虫数を集計し、成虫の東西への飛翔傾向を判断した。観察は同じ処理条件に関して同じ成虫を2~3回繰り返し回収して使用したケースと1回のみ使用したケースとを合わせてわせて、1処理条件に関して延べ4~5回繰り返した。なお、トラップの外に落下した成虫は、落下後に床上を歩行移動して位置を変えるので、飛翔方向のデータとはしなかった。

結果と考察

1. 無風、無香気条件の場合

無風無香気条件下の処理経過を Table 1 に、その結果の飛翔方向については、トラップ内に落下捕獲された個体数を Fig. 4 に示す。

Table 1. Procedures with no wind and final distribution of beetles in each trial.

Wind velocity	Position of stopped fan	Odor of rice bran	Trial group	Starting		Ending		Temp. (°C)	Final distribution of beetles			
				date	time	date	time		Total	Found in traps	Found on cage floor	Stayed in release cup
0	West	No	C	18-Jul	19:00	19-Jul	7:00	31~30	100	15	16	69
0	West	No	C	20-Jul	19:30	21-Jul	6:30	30	100	21	19	60
0	West	No	C	22-Jul	19:00	23-Jul	8:00	29	100	13	12	75
0	West	No	D	9-Aug	21:00	10-Aug	7:00	31~30	100	30	41	29
0	East	No	C	19-Jul	19:30	20-Jul	7:00	30	100	21	21	58
0	East	No	C	21-Jul	19:00	22-Jul	7:30	30~29	100	14	22	64
0	East	No	C	23-Jul	19:00	24-Jul	6:30	29	100	11	19	70
0	East	No	D	10-Aug	19:00	11-Aug	9:00	31	100	33	47	20

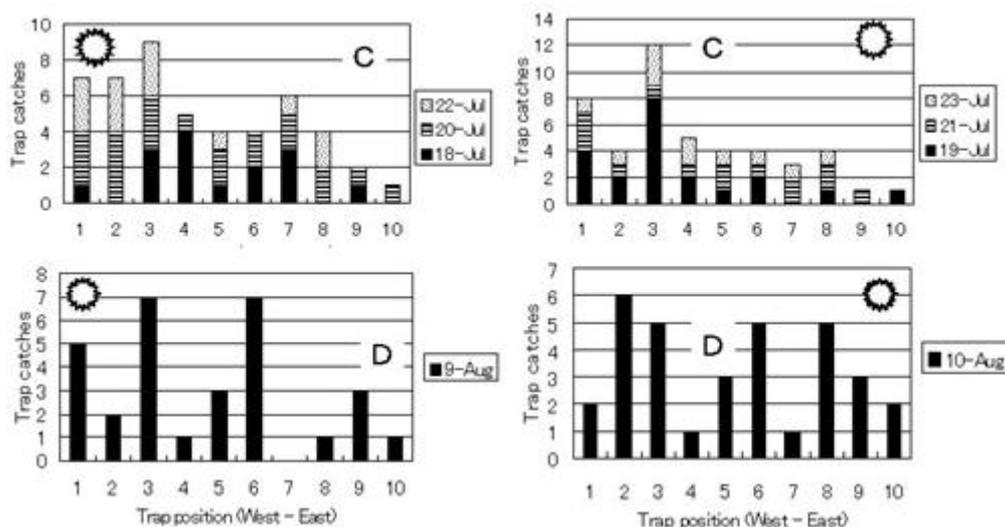


Fig. 4 The flight direction of beetles trapped under windless conditions shown in Table 1
 The round mark shows the east or west where the stopped fan was positioned.
 The letter C or D shows the beetles used in each trial.

すでに空腹成虫が明るい南方向に飛翔開始する傾向が判明しているので(辻, 2009b, 2009c),その影響をなるべく避けるために, アリーナの長軸(飛翔方向の判定軸)を東西にしたにもかかわらず, 無風, 無香気の Fig. 4 の結果は 4 群中 2 群で飛翔方向がやや西側に片寄り傾向を示し, 残りの 2 群も西寄りか中立的であった。

これは稼働していないファンの位置に関係なく, おそらく室内の東西に若干の明暗の差が感じられた可能性がある。したがって, 以後の処理区における観察では, この Fig. 4 にみられる弱い片寄りに対して, より強力な西向き片寄りか, あるいは全く逆の東向き片寄りを検出することで風向や香気の影響を判断することとした。

2. 風のみがある場合

処理経過を Table 2 に, 結果を Fig.5 に示す。

Table 2. Procedures with wind and no odor and final distribution of beetles in each trial.

Wind velocity	Wind from	Odor of rice bran	Trial group	Starting		Ending		Temp. (°C)	Final distribution of beetles			
				date	time	date	time		Total	Found in traps	Found on cage floor	Stayed in release cup
0.4	East	No	A	1-Jul	18:00	2-Jul	6:00	29	100	17	27	56
0.4	East	No	A	3-Jul	18:00	4-Jul	7:00	28	100	17	22	61
0.4	East	No	B	9-Jul	18:00	10-Jul	8:00	30~29	100	42	25	33
0.4	East	No	B	11-Jul	18:30	12-Jul	7:30	30~29	100	20	23	57
0.4	East	No	D	7-Aug	19:00	8-Aug	6:30	30	100	38	53	9
0.4	West	No	A	2-Jul	17:00	3-Jul	7:00	28	100	20	23	57
0.4	West	No	A	4-Jul	18:00	5-Jul	7:00	29~28	100	19	18	63
0.4	West	No	B	6-Jul	17:00	7-Jul	9:00	30~29	100	17	23	60
0.4	West	No	B	13-Jul	18:00	14-Jul	7:30	30	91	29	31	31
0.4	West	No	D	3-Aug	21:00	4-Aug	8:00	30	99	43	34	22
0.4	West	No	D	11-Aug	19:00	12-Aug	9:00	31	100	28	57	15

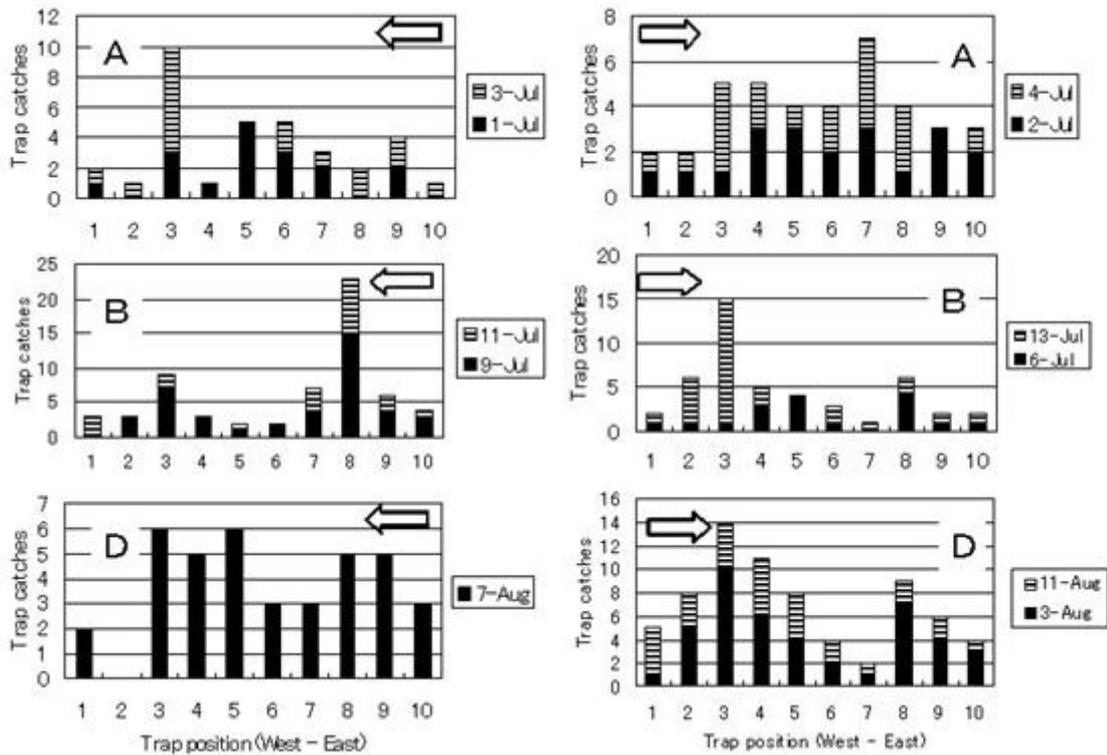


Fig. 5 The flight direction of beetles trapped under odorless conditions shown in Table 2
 The arrow mark shows the air stream with no odor.
 The letter A, B, or D shows the beetles used in each trial.

Fig. 5の結果は、6群のうち4群は風上に向かう傾向を示し、それらは東風で片寄りを東向きに逆転(左B)ないし相殺(左D)した2群と、西風中で西への片寄り性を示した2群(右B,D)である。その他の2群は風下に向かう傾向を示し、その一方(左A)は東風に押された形で西への片寄り性を、他方(右A)は逆に西風に押されたやや東への片寄り性を感じさせる。したがって、全体的にみると、成虫が香気のない風に向かって飛翔を開始する可能性はあるが、少なくとも安定した顕著な傾向とは言えない。

3. 風があり香気を含む場合

処理経過を Table 3 に、結果を Fig.6 に示す。

米ぬかの香気を含む風の場合、6群すべての場合において、成虫は風上への飛翔傾向を示した。西風が無風時(対照区)の西への飛翔傾向(Fig.4)を一層明瞭にしており、東風は無風時の西への飛翔傾向を阻止し東方向に逆転させている。1群の一方への片寄りを1/2の偶然現象とすると、この6群すべての片寄りが偶然に起こる確率は1/2の6乗=1/64=0.016である。あるいは、この片寄りをポジティブ、中間、ネガティブの中からの1/3の偶然現象とすると、6群すべてが偶然ポジティブとなる確率は1/3の6乗=1/729=0.00137である。したがって、成虫が飛翔移動あるいは飛翔開始に際して餌などの香気を含む風の方を選ぶ傾向は有意であると判断される。

Table 3. Procedures with wind and odor and final distribution of beetles in each trial.

Wind velocity	Wind from	Odor of rice bran	Trial group	Starting date	Starting time	Ending date	Ending time	Temp. (°C)	Final distribution of beetles			
									Total	Found in traps	Found on cage floor	Stayed in release cup
0.4	East	Yes	A	28-Jun	17:00	29-Jun	8:00	29	100	26	35	39
0.4	East	Yes	A	30-Jun	17:00	1-Jul	7:00	29	100	23	31	46
0.4	East	Yes	B	10-Jul	18:00	11-Jul	6:00	29	100	30	35	35
0.4	East	Yes	B	12-Jul	17:30	13-Jul	6:30	30~29	95	28	36	31
0.4	East	Yes	D	8-Aug	19:00	9-Aug	8:00	31~30	100	39	55	6
0.4	West	Yes	A	29-Jun	17:00	30-Jun	7:00	29	100	24	31	45
0.4	West	Yes	A	5-Jul	18:00	6-Jul	8:00	28	100	9	9	82
0.4	West	Yes	B	7-Jul	21:00	8-Jul	6:00	29	100	14	8	78
0.4	West	Yes	B	14-Jul	18:00	15-Jul	7:00	30	93	22	34	37
0.4	West	Yes	D	4-Aug	19:00	5-Aug	6:00	30	97	38	52	7
0.4	West	Yes	D	12-Aug	19:00	13-Aug	9:00	31	100	27	29	44

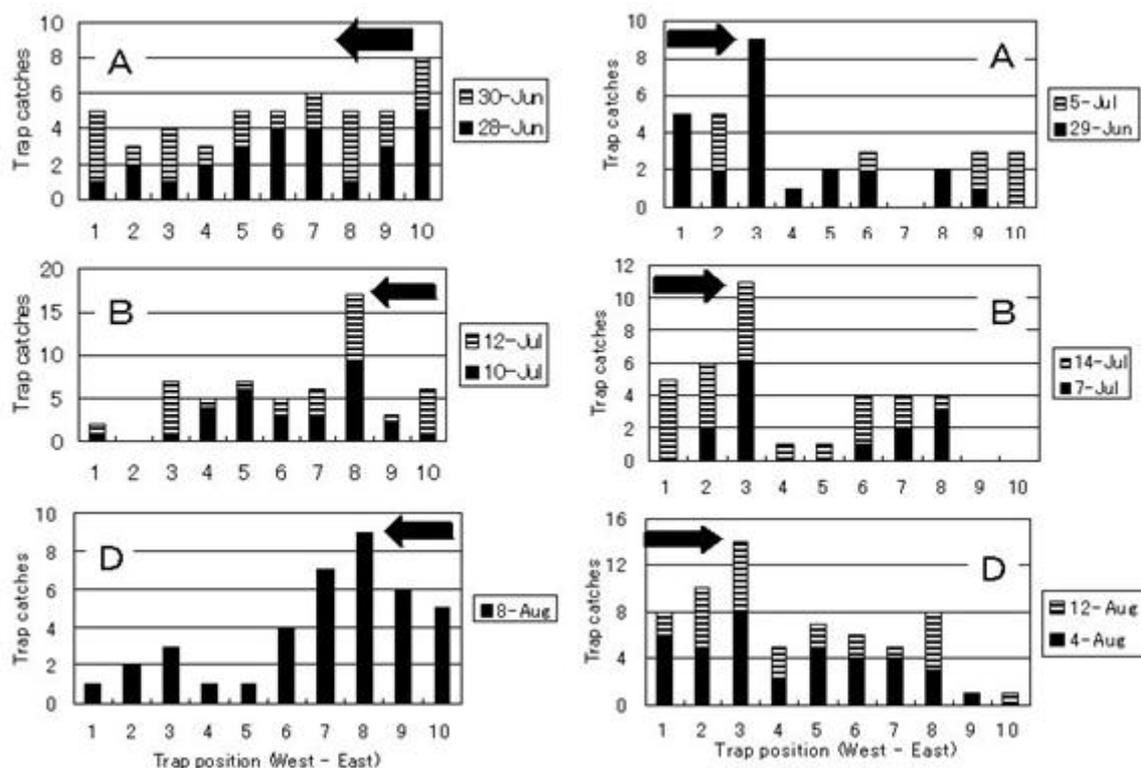


Fig. 6 The flight direction of beetles trapped under wind and odor conditions shown in Table 3

The arrow mark shows the air stream.

The letter A, B, or D shows the beetles used in each trial.

4. 全体の考察と結論

空腹のコクヌストモドキの成虫が、高所に登攀するなどして、予想外に容易に飛翔を開始することや(辻, 2007a), 空腹個体の飛翔や歩行が明るい方向を目指すことから(辻, 2009b, 2009c), 餌不足などの劣悪環境から開けた方向へ飛翔を開始し, 新しい環境を求めることに適応していることが考えられる。

成虫が夜間に白色、青色、UVなどのLED点光源の存在する側に向かって陽性の反応を示だけでなく、IR(赤外線)LED側に対しても同様に反応することは(辻, 2009c), 高温を好む成虫(Coxら, 2007)が目指し、あるいは着陸する方向に熱線が誘引する可能性を示唆する。いっぽう、野外から多数の成虫が家屋に飛来すると想定するならば、家屋という着陸方向からの誘引信号として、さらに考えやすいものに風向とそれに含まれる餌などの香気がある。

今回の研究の結果によると、成虫が夜間の飛翔に際し、無香気の微風に向かう傾向が安定してあるとは言えないが(Fig. 4と5の比較)、米ぬかの香気を含んだ微風に向かって強い陽性反応を示す(Fig. 4と6の比較)。

これらのことから、夜間の微風時に空腹のコクヌストモドキの成虫が比較的容易に開けた空間に飛び立ち、餌などの香気を含んだ微風の風上に向かって飛翔し、香気などに誘導されて家屋に着陸や侵入を行う可能性が高いと言えよう。

引用文献

Cox, P. D., M. E. Wakefield, and T. A. Jacob (2007) The effects of temperature on flight initiation in a range of moths, beetles and parasitoids associated with stored products. *J. Stored Prod. Res.*, 43: 111-117.

三井英三 (1990) 食品工業と害虫—混入異物としての虫. 240 pp. 光琳, 東京.

富岡康浩, 柴山 淳 (2002) 家屋に大量出現するコクヌストモドキについて. 日本家屋害虫学会, 第23回年次大会研究発表要旨集, 7頁.

富岡康浩 (2008) 新築家屋におけるコクヌストモドキの大量発生. *しろあり*, 第150号 (2008. 7): 6-10.

辻 英明 (2007a) コクヌストモドキ成虫の飛翔条件, *家屋害虫*, 29: 39-47.

辻 英明 (2009a) コクヌストモドキ成虫の日周活動と歩行移動の実験的観察. *ペストロジー*, 24: 55-60.

辻 英明 (2009b) コクヌストモドキ成虫のタワー先端からの飛び出し方向と着陸成虫の歩行方向, 日本家屋害虫学会, 30周年記念大会研究発表要旨集, 18.

辻 英明 (2009c) 点光源に対するコクヌストモドキ成虫の飛翔開始反応, 第25回日本ペストロジー学会大会 プログラム・抄録集, 25.

辻 英明 (2009d) コクヌストモドキ成虫の餌とシェルターを巡る行動の変遷, 第21回日本環境動物昆虫学会 年次大会要旨集, 27.

吉田敏治, 渡辺 直, 尊田望之 (1989) 図説貯蔵食品の害虫—実用的識別法から防除まで. 268 pp. 全国農村教育協会, 東京.

本論文は雑誌「環境管理技術」30巻5号9-16頁(2012年)に再録されています。

雑誌中での表は日本語で、摘要と英文は省略されています。

[表紙に戻る](#)